

A GÁZTÖRVÉNYEK KÍSÉRLETI FIZIKAI TÁRGYALÁSA

Írta: BOR PÁL és KOVÁCS LÁSZLÓ

Először is az a kérdés vetődik fel, miért fordítottuk figyelmünket a címben jelzett problémára, hiszen a gáztörvényeket minden kísérleti fizikai könyv tárgyalja, s mindegyikük viszonylag könnyen jut matematikai alakjukhoz. Alaposabban vizsgálódva azonban a gáztörvények tárgyalásában több problémát találhatunk:

Boyle—Mariotte törvényét pl. két-három közismert mérő kísérlettel szokták igazolni. Közvetlenül azonban egyik kísérlet sem mutatja, hogy a pV szorzat csakis állandó hőmérsékleten konstans. Az állandó hőmérséklet tetszés szerinti lehet, s tőle függ a konstans értéke. Mindez csak akkor derülne ki igazán, ha a méréseket különböző hőmérsékleteken lehetne elvégezni.

Hasonlóképpen nem kielégítő *Gay—Lussac I. törvényének* igazolása sem.

Egyes könyvek csupán hivatkoznak arra, hogy »mérések szerint« a $\frac{V_t - V_0}{V_0 t}$ kifejezés minden gázra nézve állandó érték, ha a nyomás is állandó. (Pl. N. D. Papaleksi: Fizika, I. r.; Gyulai Z.: Kísérleti fizika, I. r.; R. W. Pohl: Einführung in die Mechanik, Akustik und Wärmelehre.) Más könyvek ennél többre törekcsenek. Ismertetik a gázdilatometert, s vázolják, miként lehet vele különböző hőmérsékleten mérni a gáz térfogatát, és így *Gay—Lussac I. törvényét* igazolni. (Pl. E. Grimsehl: Lehrbuch der Physik, I. Bd.; jelenlegi gimnáziumi fizikatankönyv, stb.) A mérés azonban csak korlátozott hőmérsékleti tartományban végezhető el, hiszen már 10 C°-os melegítéskor is a gáz mintegy 3%-a a toldalékcsőbe áramlik, ahol hőmérséklete nem a kívánt érték. 20 és 100 C° között ez 20%-os hibát okoz. Kisebb hőmérsékleti tartományban kisebb a hiba is, viszont ilyenkor a gázkitágulási együttható elfogadható meghatározásához igen pontos hőmérsékletmérés kell.

E nehézségeken túlmenően a dilatométeres kísérletből nem derül ki határozottan, hogy a gáz térfogata bármely állandó nyomáson ugyanazzal a törvénnyel írható le, s a gázkitágulási együttható minden nyomás esetén

$$\frac{1}{273} \frac{1}{C^{\circ}}$$

Még legegyszerűbb és legpontosabb a Gay—Lussac-féle II. törvény igazolása. A közismert kísérlettel pontos eredmény kapható. A pontosság egyszerű korrekcióvétellel még fokozható.

Ennyit a gáztörvények kísérleti tárgyalásában fellelhető hiányosságokról, illetőleg nehézségekről. Ugyanakkor gondoljunk arra, hogy ezek a törvények elméleti és gyakorlati szempontból igen fontosak. Kallibrálásra alkalmas pontos hőmérsékletmérést tesznek lehetővé, szerepet játszanak hőerőgépekben és munkagépekben, a termodinamikában elméleti megfontolások alapjául szolgálnak, a hő molekuláris kinetikai elméletének fontos próbakövei, kémiában, meteorológiában gyakran számolnak velük.

Mindezeket figyelembe véve úgy éreztük, hogy a gáztörvények alaposabb, de mégis egyszerű demonstrációs mérő kísérletekkel való tárgyalását meg kellene valósítani. Dolgozatunkban ilyen lehetőséget ismertetünk.

Boyle—Mariotte törvényét előadási kísérletben a legegyszerűbben, s mégis a legpontosabban a Melde-féle csővel igazolhatjuk. Ha gondoskodunk arról, hogy az elzárt gáz nyomásának és térfogatának kapcsolatát különböző konstans hőmérsékleteken vizsgálhassuk, akkor nemcsak a törvény teljes értékű igazolását nyerjük, hanem a pV szorzatnak a hőmérséklettől való lineáris függése is kiderül. Lényegében tehát az egyesített gáztörvényt kapjuk meg, amely mind a Boyle—Mariotte-törvényt, mind a Gay—Lussac-féle törvényeket magába foglalja.

Ebből következően hármas feladatunk volt: 1. Készíteni kellett olyan Melde-csővet, amellyel különböző konstans hőmérsékleteken kísérletezhettünk. 2. Biztosítani kellett, hogy különböző meghatározott nyomású állapotokat gyorsan állíthassunk elő. 3. Gondoskodni kellett az elzárt gáztérfogat gyors és pontos méréséről.

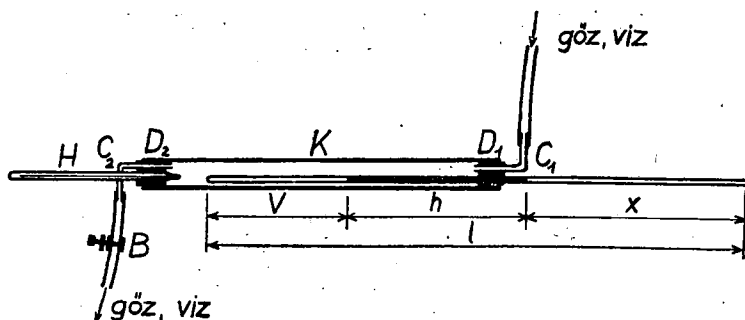
Különböző konstans hőmérsékletek biztosítása

Szokásos módon Melde-csővet készítettünk. Próbálkozásainkban a 600 mm körüli csőhosszat, az 1 mm körüli belső átmérőt, a kb. 150 mm hosszú légoszlopot és a mintegy 200 mm hosszú záró higanyszálat találtuk a legmegfelelőbb méretnek. A cső külső átmérője 7 mm körüli volt. Vastagabb üvegcsövet használva, benne a higanyszál könnyen megszakadt, míg a vékonyabb csövek keresztmetszete többnyire nem volt konstans. A túl rövid légoszlop a térfogatmérés relatív hibáját nagyobbította, míg a túl hosszú az eszköz méreteit a kezelhetőség rovására növelte. A légoszlop hossza a későbbiekben látható módon a higanyszál hosszát is nagyjából megszabta.

Az így kapott Melde-féle csövet 25 mm belső átmérőjű, 400 mm hosszú üvegcsőbe helyeztük (1. ábra). Ezt a továbbiakban köpenynek nevezzük (K). A Melde-cső forrasztott végét a köpenyt lezáró gumi dugón (D_1) át annyira toltuk be, a belső térbe (300—330 mm), hogy a záró higanyszál végei minden lehetséges állapotban a dugó két különböző oldalára estek. A belső csövet a külsővel párhuzamos helyzetben rögzítettük.

A köpeny másik végét is gumi dugó zárta le (D_2), amelyen keresztül egy hőmérő (H) higanytartója nyúlt a belső térbe, az ottani hőmérséklet mérése céljából. Mindkét gumi dugóba még egy-egy L alakú üvegcsövet is illesz-

tettünk (C_1 , C_2). A jobb oldalin forró víz gőzét vezettük a köpenybe, majd pedig magasan elhelyezett tölcser segítségével, gumi csövön át, forró vizet öntöttünk bele. A gőz, illetőleg a felesleges víz a hőmérő felőli csövön távozott. Vízzel való feltöltés után a kivezető gumi csövet Bunsen-szorítóval lezártuk (B). A be- és kivezető gumi csövek olyan hosszúak voltak, hogy a köpeny 180°-os elfordítását, tették lehetővé.



1. ábra

A köpenyben hűlő víz csökkenő hőmérsékletű környezet volt a Melde-cső számára. Rövid (fél perces) időközökben ezt a környezetet állandó hőmérsékletűnek tekinthettük. 5 fokkal való hűléshez kezdetben (90—70 C°) 2—3 perc, később 5—10 perc kellett.

Szobahőmérséklet alatti környezeteket úgy hoztunk létre, hogy olvadó jégről leöntött vízzel töltöttük meg a köpenyt.

A nyomás változtatása

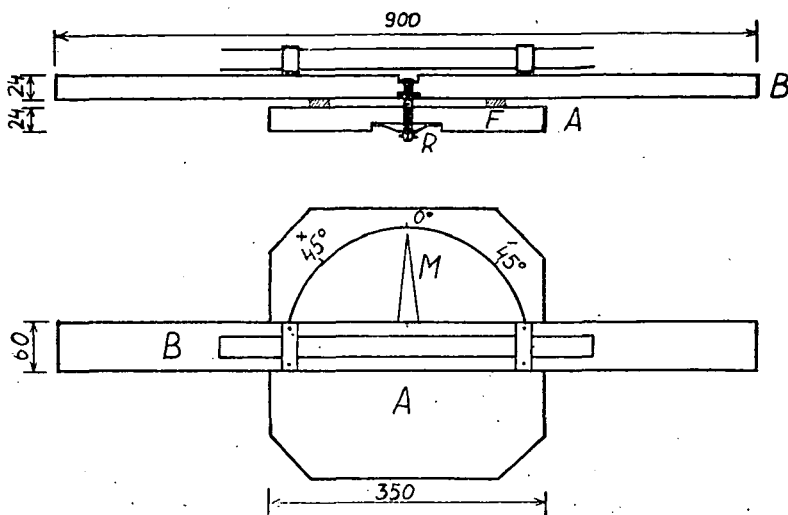
A köpenyt és a benne lévő Melde-csövet függőleges síkban forgatva különböző nyomású állapotokat hozhatunk létre. Jelentsé φ a cső hossz tengelyének a vízszintessel bezárt szögét, akkor az elzárt levegő nyomását hgmm-ben a

$$p = b + h \sin \varphi$$

kifejezés adja, ahol b a légköri nyomás hgmm-ben, h a záró higanyoszlop hossza mm-ben. φ akkor pozitív, amikor a Melde-cső nyitott vége a vízszintessel fölé hajlik.

A csőrendszer elforgatása és állásszögének leolvasása egyszerű esetben Bunsen-állványra szerelt lombikfogóval és megfelelően elhelyezett táblaszögmérővel is megoldható. Kezdetben ilyen eszközzel dolgoztunk. A gyorsaság és a pontosság érdekében később állandó jellegű állványzatot készítettünk, amelynek előlnézetét és tengelymetszetét a 2. ábra mutatja. Lényeges része Bunsen-állványra erősített, függőleges síkú deszkalap (A). Ennek közepében egy furat van, amelybe a köpenycsövet tartó lécs (B) vízszintes forgástengelye nyúlik. A két deszkát a tengely közvetítésével rugó (R) húzza egymáshoz. Így a forgó deszkára ragasztott filclapokon (F) éppen akkora súrlódás

lép fel, amekkora könnyű forgatást, s mégis adott helyzetben kellő rögzítést biztosít. A Melde-cső állásszögét a nyugvó deszkára rajzolt fokbeosztáson a forgó deszkára szerelt mutató (M) hegyénél olvashattuk le.



2. ábra

A térfogat mérése

A különböző állapotokban más és más volt az elzárt levegő térfogata. Ennek mértékegységül a kapilláris cső 1 mm hosszú szakaszának belső térfogatát vettük, amit a továbbiakban »te«-vel jelölünk. (te = térfogategység.) Ha a kapilláris cső hosszát a lezárás helyétől a nyitott végig l , a záró higany-szál hosszát h , a higany külső meniszkuszának a szabad csővégtől való távolságát x jelenti — mindegyiket mm-ben mérve —, akkor az elzárt levegő térfogata az általunk választott egységben:

$$V^* = l - h - x.$$

l és h mint eszközállandó a berendezés összeállítása előtt megmérhető, x értéke pedig a Melde-cső szabadba nyúló vége mögé helyezett milliméter-skáláról leolvasható. Így V^* értéke minden esetben könnyen meghatározható. Végleges eszközünkben a milliméterskala osztásait úgy számoltuk meg, hogy a külső higanyszintnél mindjárt az elzárt levegő térfogatát olvashattuk le.

Már itt megjegyezzük, hogy a záró higanyszál hőkitágulása a térfogat ilyen fajta meghatározásában kisebb hibát eredményez. Pontosabb mérések-nél ezt korrigálni kell. A korrigált térfogatot a továbbiakban V -vel jelöljük.

A gáztörvények kísérleti igazolása

A Melde-csövet a köpenyben körülvevő víz hőmérséklete lassan változik. Épp ezért az elzárt levegő hőmérsékletét rövidebb, mintegy fél perces időközben konstansnak tekinthettük. Ennyi idő alatt a cső elforgatásával az elzárt levegőt négy különböző állapotba hoztuk. Az első állapotban -90° , a harmadikban 0° , a negyedikben $+90^\circ$ volt a cső állásszöge. A második állapotban olyan φ -t állítottunk be, amelynél a levegő térfogata minden hőmérsékleten ugyanakkora volt. Az említett négy-négy izotermikus állapotot 5°C -onként különböző hőmérsékleteken hoztuk létre, s mindegyik esetben feljegyeztük V^* , illetőleg φ értékét. Az utóbbiból kiszámítottuk p -t.

Egy mérési sorozat eredményeit a mellékelt táblázatban közöljük. A felhasznált Melde-cső adatai: $l = 643$ mm, $h = 225$ mm. (A cső belső átmérője 1,2 mm, köpenybe nyúló hossza 330 mm.) A külső légnyomás értéke a mérés alatt $b = 758$ hgmm volt. (A nyomás és térfogat adatait a felvétel időbeli sorrendjében közöljük. Először szobahőmérsékleten mértünk, majd pedig ehhez felülről, illetőleg alulról közeledve.)

Táblázat

t ($^\circ\text{C}$)	φ (ívfok)	V^* (te)	V (te)	p (hgmm)	$pV \cdot 10^{-3}$ (hgmm. te)	pV-közép (hgmm. te)
21	-90	218	218	533	116,2	117,2
	-55	204	204	574	117,1	
	0	155	155	758	117,5	
	$+90$	120	120	983	117,8	
98,5	-90	277	276,5	533	147,3	148,6
	-5	204	202	740,5	149,5	
	0	199	197	758	149,2	
	$+90$	154	151	983	148,5	
90	-90	273	272,5	533	145,2	145,6
	-10	204	202,5	719	145,5	
	0	194	192,5	758	145,8	
	$+90$	150,5	148,5	983	146	
85	-90	270	269,5	533	143,6	143,2
	-14	204	202,5	703	142,5	
	0	191	189,5	758	143,6	
	$+90$	147,5	145,5	983	143	
80	-90	264	263,5	533	140,3	141,2
	-15	204	202,5	699	141,5	
	0	188	186,5	758	141,3	
	$+90$	146	144	983	141,6	
75	-90	259,5	259	533	137,9	138,6
	-19	204	202,5	685	138,7	
	0	185	183,5	758	139	
	$+90$	143	141	983	138,7	
70	-90	258	257,5	533	137,1	137
	-21	204	203	677	137,2	
	0	182	181	758	137,2	
	$+90$	141	139	983	136,5	
65	-90	253,5	253	533	134,8	135
	-25	204	203	663	134,7	
	0	179,5	178,5	758	135,2	
	$+90$	139	137,5	983	135,2	

t (C°)	φ (ívfok)	V* (te)	V (te)	p (hgmm)	pV · 10 ⁻³ (hgmm. te)	pV-közép (hgmm. te)
60	— 90	250	249,5	533	132,9	132,4
	— 28	204	203	649	131,8	
	0	176,5	175,5	758	132	
	+ 90	136,5	135	983	132,8	
55	— 90	245,5	245	533	130,6	130,7
	— 30	204	203	645	130,8	
	0	173,5	172,5	758	130,6	
	+ 90	134,5	133	983	130,7	
50	— 90	242	241,5	533	128,7	128,9
	— 33	204	203	635	128,9	
	0	171	170,5	758	129,2	
	+ 90	132	131	983	128,8	
45	— 90	238	237,5	533	126,5	127
	— 37	204	203,5	622	126,6	
	0	169	168,5	758	127,7	
	+ 90	130,5	129,5	983	127,3	
40	— 90	235	234,5	533	125	125,1
	— 39	204	203,5	616	125,3	
	0	166	165,5	758	125,3	
	+ 90	128	127	983	124,8	
35	— 90	232,5	232	533	123,6	123
	— 44	204	203,5	602	122,5	
	0	163	162,5	758	123,1	
	+ 90	126	125	983	122,9	
30	— 90	227	226,5	533	120,7	120,7
	— 47	204	203,5	593	120,7	
	0	160,5	160	758	121,2	
	+ 90	123,5	122,5	983	120,3	
25,5	— 90	223,5	223,5	533	119	119,2
	— 50	204	204	585	119,2	
	0	158	158	758	119,8	
	+ 90	121,5	121	983	118,9	
5,5	— 90	206,5	206,5	533	110	110,9
	— 72	204	204	544	110,9	
	0	146,5	147	758	111,3	
	+ 90	112,5	113,5	983	111,5	
10	— 90	209	209	533	111,3	112,7
	— 65	204	204	554	113	
	0	149	149,5	758	113,3	
	+ 90	114,5	115	983	113	
15	— 90	213,5	213,5	533	113,8	115,2
	— 60	204	204	563	114,8	
	0	152	152,5	758	115,6	
	+ 90	118	118,5	983	116,5	
20	— 90	219	219	533	116,7	117,5
	— 54	204	204	576	117,3	
	0	155,5	155,5	758	117,8	
	+ 90	120	120	983	118	

Értékelve mérési eredményeinket megállapíthatjuk, hogy az egyes konstans hőmérsékleteken az adott gázmennyiségre nézve a pV értéke állandó (Boyle—Mariotte törvénye). A pV szorzat értékét a hőmérséklet függvényeként ábrázolva (1. grafikon) egyenest kaptunk, amelynek egyenlete a grafi-

kon alapján könnyen felírható. A (pV) -tengely metszete a pV értéke $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on: $(pV)_0$. Az iránytangens

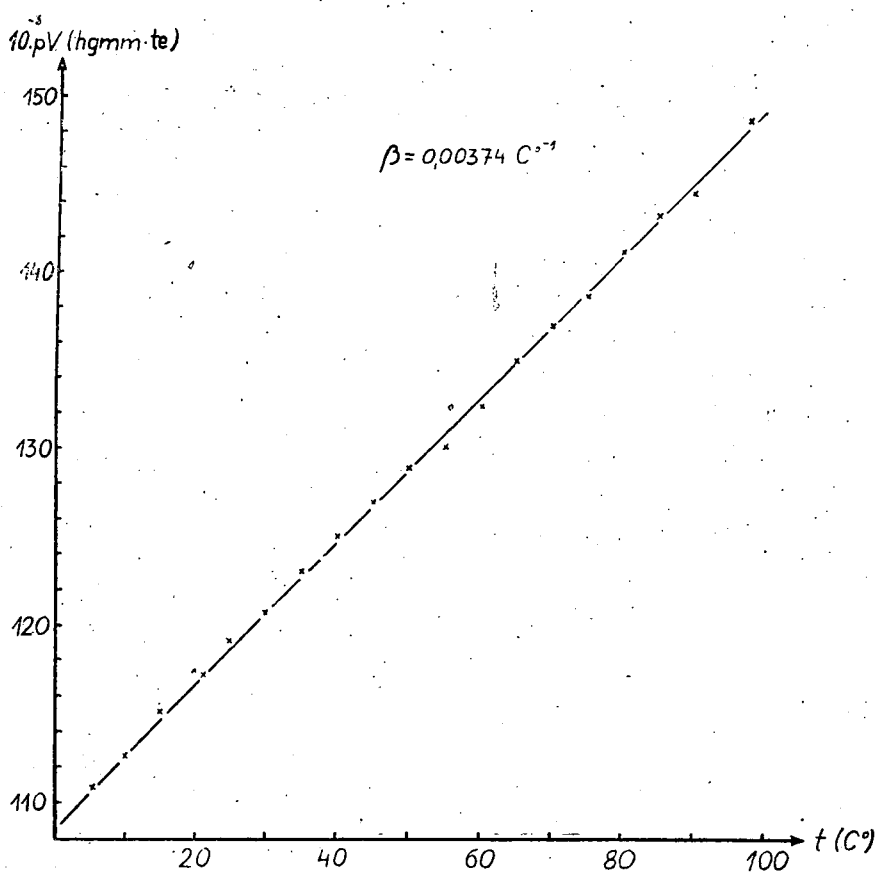
$$\frac{(pV)_{100} - (pV)_0}{100\text{ }^{\circ}\text{C}}$$

ahol $(pV)_{100}$ a pV szorzat $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -hoz tartozó értéke. Ezek alapján az egyenes egyenlete:

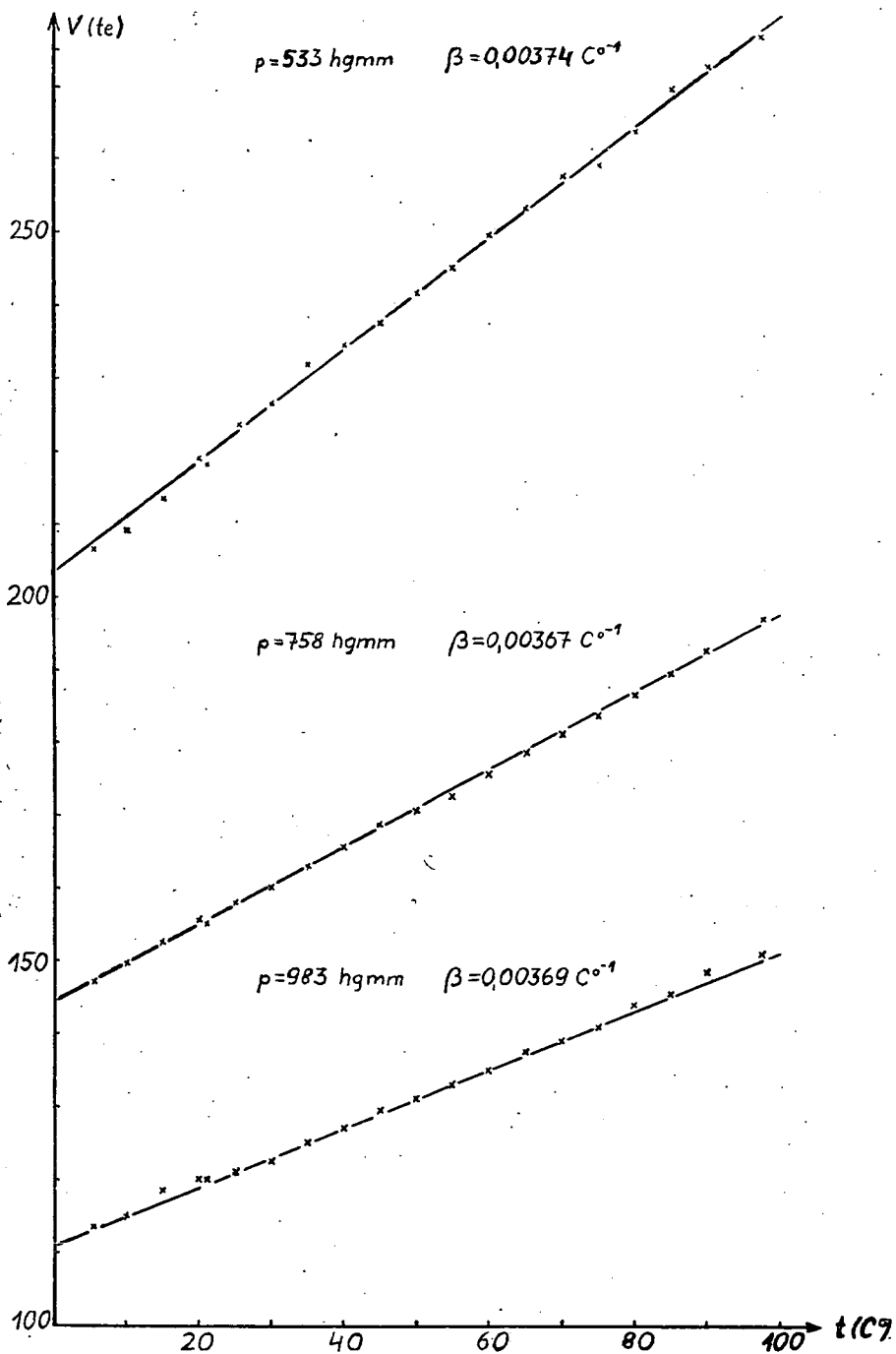
$$(pV) = \frac{(pV)_{100} - (pV)_0}{100\text{ }^{\circ}\text{C}} t + (pV)_0,$$

illetőleg

$$(pV) = (pV)_0 \left[1 + \frac{(pV)_{100} - (pV)_0}{(pV)_0 \cdot 100\text{ }^{\circ}\text{C}} \cdot t \right].$$



1. grafikon



2. grafikon

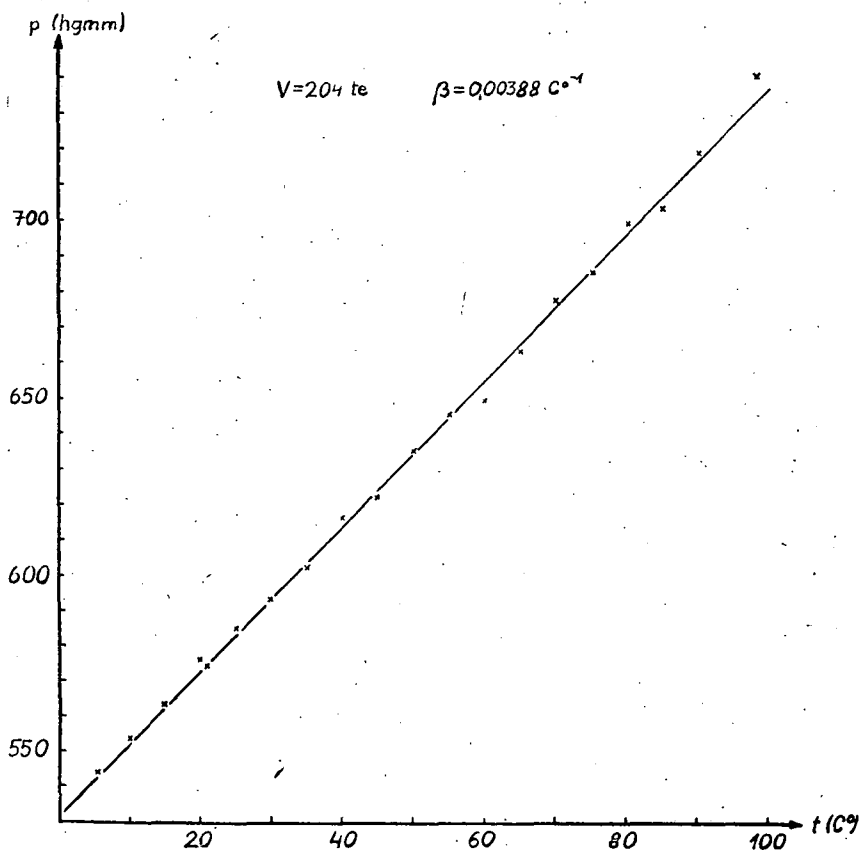
t együtthatója a grafikonról leolvasott adatok szerint $0,00374\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, jó meg-
egyezésben a gázok közismert hőtágulási együtthatójával, amelynek irodalmi
értéke

$$\beta = \frac{1}{273,16} \frac{1}{^{\circ}\text{C}} = 0,00366\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}.$$

A (pV) értéket bármilyen t hőmérsékleten vett p nyomás és hozzá-
tartozó V térfogat szorzata megadja. Hasonlóképpen a $(pV)_0$ érték is akár-
milyen $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on mért nyomás (p_0) és hozzátartozó térfogat (V_0) szorzata.
Ezért utolsó egyenletünk így is írható:

$$pV = p_0V_0(1 + \beta t).$$

Kísérletünkkel tehát közvetlenül az egyesített gáztörvényt igazoltuk, ez
azonban magába foglalja a Boyle—Mariotte-törvényt és a Gay—Lussac-
törvényeket is.



3. grafikon

Tekintsük külön az első, külön a harmadik és külön a negyedik állapotok sorozatára vonatkozóan (-90° , 0° , $+90^\circ$ -os állásszög) a térfogatot a hőmérséklet függvényeként (2. grafikon). Ekkor három különböző konstans nyomás esetén a Gay—Lussac-féle I. törvény igazolását nyerjük. A második állapotok sorozatából a nyomásnak a hőmérséklettől való függése állapítható meg állandó térfogat esetén, vagyis Gay—Lussac II. törvénye (3. grafikon).

A közölt mérési adatokat nem egészen két óra alatt vettük fel. 100°C -tól szobahőmérsékletig 10—12 különböző hőmérsékleten való mérés 1 óra alatt is elvégezhető, míg 4 különböző hőmérsékleten (pl. szobahőmérsékleten, 100° , 80° és 60°C -on) való méréshez 10 perc is elegendő. Ilyenkor a gőz bevezetése után a köpenyt nem töltjük meg vízzel. A mondottak alapján kísérletünk nemcsak laboratóriumi gyakorlaton, hanem előadásban is felhasználható. Megítélésünk szerint az eddig használt ilyen típusú kísérleteknél szemléletesebb, egyszerűbb, pontosabb és főleg többet mondó, mert közvetlenül adja az egyesített gáztörvényt, s a különböző állapotváltozásokban szereplő konstans paraméterek szerepét jobban megvilágítja.

Az eszköz elkészítése, a mérések várható pontossága

Szólnunk kell még az eszközünkkel végzett mérések várható pontosságáról, s arról, hogyan lehet ezt a pontosságot fokozni, jól működő eszközt készíteni.

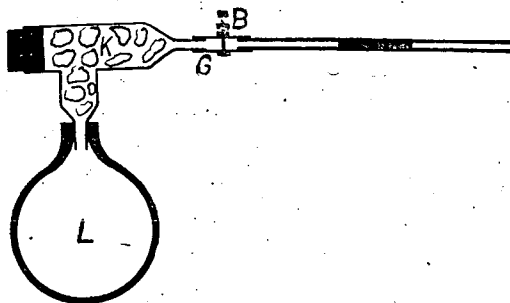
Kapilláris csőnek és köpenynek csak hőálló üveg felel meg, különben a gőz bevezetésekor bármelyikük megrepedhet. Szükséges továbbá, hogy a kapilláris cső konstans keresztmetszetű legyen. Az elzárt levegő térfogata csak ilyen feltétel mellett jellemezhető a légoszlop hosszával. Kísérleteinkben hat különböző kapilláris csövet használtunk. Közülük ötnek a keresztmetszeterülete $1/10$ -nél kisebb ingadozást mutatott. Ez a pontosság már megfelelő céljainknak.

Az eszköz jó működése érdekében nagyon fontos, hogy tiszta, nedvességmentes higanyt, továbbá erősen tisztított és szárított kapillárist használjunk. Hasonlóképpen fontos az elzárt levegő tökéletes párátlanítása is. A kapillárist először mechanikusan tisztítottuk, majd krómkénsavval, káliúggal és desztillált vízzel mostuk, végül pedig 20 perces átszívattal és egyidejű külső melegítéssel szárítottuk. A kb. 200 mm hosszú higanyszál felszívása után a cső forrasztandó végét rövid gumicsővel (G) klórkálciumos szárító térre (K) kötöttük (3. ábra), s ezen hagytuk 24 órán át. Másnap gumilabda (L) segítségével mintegy 100-szor végigmozgattuk a higanyszálat a kapillárisban, hogy a párátlanítás az egész zárt térben tökéletes legyen. Ezután a csatlakozó gumicsövet Bunsen-szorítóval (B) úgy zártuk le, hogy a forrasztás helye és a higanyszál közé kb. 150 mm hosszú légoszlop jusson. A kapilláris csövet fokozatos kihúzás közben úgy forrasztottuk le, hogy közben a bent lévő levegő a külső térrel egy pillanatra sem került összeköttetésbe.

A csővégnak közvetlenül a gázlángon való megömlesztése nem alkalmazható, mert a lángból sok gőz kerül a csőbe. A párátlanítás elmulasztása torzíja az összefüggések linearitását, s β értékét akár 100%-kal is megemeli. A kapilláris belső falának tisztátalansága is hasonló bajt okoz, vagy azért,

mert alacsony hőmérsékleten adszorbeálja a levegő egy részét, vagy pedig még inkább pára megkötése következtében. A cső alapos tisztítása és tökéletes páratlanítása mindenféleképpen elengedhetetlen.

Méréseink pontosságának vizsgálatakor tekintetbe kell vennünk, hogy a kapilláris cső és a záró higanyszál is hőokozta kitágulást szenved. Mivel az üveg köbös hőkitágulási együtthatója majdnem három nagyságrenddel kisebb, mint a gázoké, a cső kitágulására nem érdemes tekintettel lenni.



3. ábra

A higany kitágulása jelentősebb, s a légterfogat meghatározásában már észrevehető hibát okozhat, hiszen mi csak a külső higanyvég helyzetét figyelhetjük meg, s ebből következtetünk V -re. Kísérleti körülményeink közt (100 C°-os hőmérsékletingadozás, 225 mm-es higanyszál) ez a hiba legfeljebb 3%-os. Gondoljuk meg azonban, hogy éppen magasabb hőmérsékleten a higanyszál nagyobbik része a köpenyen kívül, tehát szobahőmérsékleten van, azért a higany kiterjedéséből származó térfogatmérési hiba még 3%-nál is kisebb. Így egyszerű demonstrációs kísérletek esetében a higany kiterjedését figyelmen kívül hagyhatjuk. Pontos mérő kísérletek alkalmával minden térfogatleolvasásból megállapíthatjuk a köpenyen lévő higanyszál hosszát, s ennek hőokozta kitágulását (mm-ben). Ezt az értéket a leolvasott térfogatértékekből (V^*) levonva, korrigált térfogatértékeket kapunk (V). A táblázatból láthatjuk, hogy a két térfogatérték közt 1, legfeljebb 2%-os az eltérés.

Há a higany hőokozta kitágulását figyelembe vesszük, akkor csak a nyomás méréséből és a térfogat leolvasásából származhatnak hibák. Említettük, hogy a térfogat értékét az $l-h-x$ kifejezésből kapjuk. A leforrasztás helyén a kapilláris vége elkúposodik, épp ezért l értékét csak kb. 1,5 mm pontossággal tudjuk megadni. h és x milliméterskáláról leolvasott értékek. Meghatározásukban a becsült maximális hiba fél-fél milliméter. Ezek szerint V maximális hibáját 2,5 te-re kell becsülnünk, amiből a kísérletben szereplő 100–200 egységnyi térfogatokra maximálisan 2,5%-os hiba következik.

A nyomás értékét a $b + h \sin \varphi$ kifejezés adja. Ennek hibája lényegében φ méréséből származik. p különösen $\varphi = 0^\circ$ környezetében függ erősen a cső állásszögétől. Becslésünk szerint az eszköz forgástengelyének és a fokbeosztásos körskála középpontjának eltéréséből legfeljebb fél fokos, a szögérték leolvasásából pedig megint csak fél fokos hiba származhatik φ mérésé-

ben. Ez a vízszintes helyzet környezetében p értékére maximálisan $h \sin 1^\circ \sim 3,5$ hgmm hibát ad. A kísérletben szereplő 500—1000 hgmm-es nyomásoknál ez 0,7%-os relatív maximális hibát jelent.

A nyomásnak a hőmérséklettől való függését vizsgálva, az előbb megadott hiba kb. megkétszereződik, mert a konstans térfogatra való beállítást csak fél te hibával tudjuk megvalósítani. A csőfalhoz ui. tapad a higany, s az állásszög változtatásakor szakaszosan tolódik el. Ez a hibanövekedés a 3. grafikonon észre is vehető.

Egy-egy grafikon pontos felvételében a hőmérsékletmérésnek is szerepe van. Tapasztalatunk szerint az elzárt levegő észrevehető hőtehetetlenség nélkül felveszi a köpenyben lévő víz hőmérsékletét. Ez várható is, hiszen az elzárt levegő hőkapacitása igen kicsi, a hőátadásra szolgáló felület pedig viszonylag igen nagy. Egyedül a 100°C -ról 90°C -ra való, mintegy 2 perces hűlés esetén tapasztaltuk azt, mintha a kapilláris csőben lévő levegő nem követné elég gyorsan a hűtő folyadék hőmérsékletváltozását. Felvett grafikonjaink szerint ez a hőmérsékleti eltolódás 90°C környezetében is legfeljebb 1°C -ra becsülhető. Ehhez jön még a leolvasás fél fokos szubjektív hibája, valamint további fél fokos hiba azért, mert 80 — 90°C környezetében a négy állásszög beállítása alatt a hőmérséklet kb. $0,5^\circ\text{C}$ -kal esik. A hőmérsékletmérés maximális hibája ezért 2°C , ami grafikonjaink szerint a térfogatmérésben elkövetett 2%-os hibával helyettesíthető.

A különböző paraméterek meghatározásában várható relatív maximális hibákat összegezve azt mondhatjuk, hogy kísérleti eszközünk alkalmas a gáztörvények legfeljebb 6%-os hibával való igazolására. A Boyle—Mariotte-törvény és a Gay—Lussac-törvények külön-külön való igazolása még ennél is pontosabb, főleg pedig egyszerűbb és gyorsabb.

Az elmondottak alapján szeretnénk azt hinni, hogy a gáztörvények kísérleti tárgyalására az előadásokon és laboratóriumi gyakorlatokban eddig használt kísérleteknél jobb kísérleti eljárást sikerült találnunk, amely egyszerűbb, szemléletesebb és mégis átfogóbb, többet mondó, mint bármelyik elődje.

РАЗБОР ГАЗОВЫХ ЗАКОНОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ

П. Бор и Л. Ковач

Авторы дают отчет о новом опытном методе для разбора газовых законов. Их прибор в сущности видоизмененная трубка Мельде, которая окружена в качестве термостата другой стеклянной трубкой. Этим способом можно исследовать при различных температурах соотношение давления и объема закрытого газа. В течение двух часов можно установить падающих между 0 и 100°C — 0 пунктов графика, изображающего линейную зависимость от температуры произведения pV , и таким образом непосредственно получить опытное доказательство уравнения состояния и величину коэффициента термического расширения газов. Для установления 4 пунктов кривой достаточно 10 минут. Прибор можно применять и для доказательства закона Гей-Люссака и также закона Бойля—Марриотта, быстрее и точнее чем упомянуто.

Описываемым методом хорошо можно пользоваться из-за его общего характера, простоты и достаточной точности в качестве опыта во время лекций и лабораторной практики. Метод имеет большие преимущества в сравнении с методами, которые использовались до сих пор с подобной целью.

EXPERIMENTALPHYSIKALISCHE BESPRECHUNG DER GASGESETZE

von

P. BOR.—L. KOVÁCS

Die Verfasser publizieren eine neue experimentelle Methode für die Behandlung der Gasgesetze. Ihr Instrument ist im wesentlichen eine abgeänderte Meldesche Röhre, welche von einer anderen, als Thermostat dienenden Glasröhre umgeben ist. Auf diese Weise kann der Zusammenhang zwischen Druck und Volumen des eingeschlossenen Gases bei verschiedenen Wärmegraden untersucht werden. An dem Graphikon, das die lineare Abhängigkeit des pV Multiplikationsergebnisses von der Temperatur ausdrückt, können zwischen 0 und 100 C° binnen nicht ganz zwei Stunden 20 Punkte, bei weniger als 6% von kleineren relativen Fehlern aufgenommen und dadurch unmittelbar die experimentelle Bestätigung der Zustandsgleichung, sowie der Wert des Koeffizienten der Wärmeexpansion gewonnen werden. Um vier Punkte der Kurve aufzunehmen, genügen 10 Minuten. Das Instrument ist auch dazu geeignet, die Gay—Lussac'schen Gesetze und das Boyle—Mariotte—Gesetz nachzuweisen, und zwar pünktlicher und viel rascher, als das vorher erwähnte.

Der umfassende Charakter, die Einfachheit, aber dennoch entsprechende Genauigkeit der Methode machen dieselbe zu experimentellen Vorträgen und Laboratoriumübungen geeignet. Den bisher angewendeten, einen ähnlichen Zweck verfolgenden experimentellen Verfahren gegenüber besitzt sie viele Vorteile.